

## EVENTOS CLIMÁTICOS A PEQUEÑA ESCALA Y LA PESCA DEL ATÚN BLANCO (*THUNNUS ALALUNGA*) EN LAS ISLAS CANARIAS

Unai Ganzedo<sup>1</sup>, Igor Arregi<sup>1</sup>, Igor Sancristobal<sup>1</sup> y, J. J. Castro<sup>2</sup>

### SUMMARY

*Catches of albacore (Thunnus alalunga) in the Canary Islands are determined by various meteorological events that influence the oceanographic conditions of the Islands. At the same time, these factors affect the presence of albacore in Canarian waters.*

*After analyzing the albacore catches reported between 1965 and 2003, it was observed that certain meteorological events related to the geographic position of the barometric center of the Azores anticyclone NAO index, in this case a positive NAO index, favors the presence of juveniles of this species in the FAO 34 area. However, the lack of relationship between the catches in the Canary Islands and the rest of the FAO 34 area, made us suppose that certain meteorological events would influence, in a different manner, the catches in the Canary Islands.*

*During the winter of 2002, the daily catches per unit effort (CPUE) were registered as well as the geographical position where these were taken by the artisanal baitboat fleet throughout the entire coast and a follow up was carried out of the oceanic weather conditions of the area. Contrary to what occurs in the FAO 34 area, a negative NAO index would assist in the entry of schools, remaining at the meso layer structures south of the islands.*

### RÉSUMÉ

*Les captures de germon (Thunnus alalunga) dans l'archipel canarien sont déterminées par différents incidents météorologiques qui influent sur les conditions océanographiques de l'archipel. Ces facteurs, à leur tour, conditionnent la présence du germon dans les eaux canariennes.*

*Après avoir analysé les captures de germon déclarées entre 1965 et 2003, on a observé que des incidents météorologiques déterminés liés à la position géographique du centre barométrique de l'anticyclone des Açores indice NAO, dans ce cas un indice NAO positif, favorise la présence de juvéniles de cette espèce dans la zone FAO 34. Toutefois, le manque de relation entre les captures dans les îles Canaries et le reste de la zone FAO 34, nous a fait supposer que certains incidents météorologiques influeraient de manière différente sur les captures dans les îles Canaries.*

*Au cours de l'hiver de 2002, les captures par unité d'effort (CPUE) journalières ont été enregistrées ainsi que la position géographique où la flottille artisanale de canneurs les avait réalisées tout au long du littoral. En outre, un suivi des conditions océano-climatiques de la zone a été effectuée. A l'inverse de ce qui se passe dans le reste de la zone FAO 34, un indice NAO négatif faciliterait l'entrée du banc, se maintenant dans les structures méso-échelons au Sud des îles.*

### RESUMEN

*Las capturas de atún blanco (Thunnus alalunga) en el Archipiélago Canario vienen determinadas por diferentes eventos meteorológicos que influyen en las condiciones oceanográficas del Archipiélago. Estos factores a su vez condicionan la presencia del atún blanco en las aguas canarias.*

<sup>1</sup>AZTI-Tecnalia /Unidad de Investigación Marina, Herrera Kaia Portualde z/g, 20110 Pasaia (Gipuzkoa).

<sup>2</sup>Dept. Biología, Univ. Las Palmas de Gran Canaria, Edif. Ciencias Básicas (B-203), Campus de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, Spain.

*Tras analizar las capturas de atún blanco registradas entre 1965 a 2003, se observó que determinados eventos meteorológicos relacionados con la posición geográfica del centro barométrico del anticiclón de las Azores índice NAO, en este caso un índice NAO positivo, favorece la presencia de juveniles de esta especie en el área FAO 34. Sin embargo, la falta de relación entre las capturas en las islas canarias y el resto del área FAO 34, nos hizo suponer que ciertos eventos meteorológicos influirían, de modo diferente, en las capturas en las islas canarias.*

*En invierno del 2002 se registraron las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) diarias y la posición geográfica donde se efectuaron por parte de la flota artesanal de cebo vivo durante toda la costera y además se hizo un seguimiento de las condiciones océano-climáticas de la zona. A la inversa de lo que ocurre en el resto de área FAO 34, un índice NAO negativo facilitaría la entrada del cardumen, manteniéndose en las estructuras mesoescales al sur de las islas.*

#### KEYWORDS

*Albacore, Thunnus alalunga, climatic events, Canary Islands*

### 1. Introducción

Las características ambientales de un área específica tienen repercusiones importantes en el metabolismo de los peces que en ella habitan, con consecuencias directas en el crecimiento, reproducción, reclutamiento, distribución espacial, comportamiento y abundancia (Keenleyside, 1979; Hazel, 1993; Jobling, 1994; Korsmeyer & Dewar, 2001, Drinkwater *et al.*, 2002.). Por otra parte, la duración de determinados eventos climáticos también influye en las características biológicas y ecológicas de las especies y en particular en su comportamiento y desplazamientos estacionales entre sus áreas de distribución (Lauris *et al.*, 1977; 1984; Lasker, 1985; Sharp, 2001). En algunas especies como los túnidos, los cambios estacionales del clima desencadenan procesos migratorios que son frecuentemente asociados a la alimentación y/o reproducción (Dodson, 1997). Esta característica del comportamiento de los túnidos tiene consecuencias directas en las pesquerías mundiales, especialmente en las de carácter artesanal y estacional, dependientes de la llegada de estos peces a sus áreas de pesca tradicionales (Ramos, 1992; Santiago, 1992; Bas *et al.*, 1995).

Así, la pesca artesanal de túnidos que se desarrolla en las Islas Canarias es estrictamente estacional y fuertemente dependiente de las variaciones en las rutas migratorias de cada especie objetivo. En el Archipiélago, esta modalidad de pesca se realiza principalmente durante el verano y el otoño, desde junio a noviembre, con algunas variaciones de año en año. Sin embargo, no todas las especies de túnidos llegan a Canarias al mismo tiempo, siendo el listado (*Katsuwonus pelamis*) la más frecuente a lo largo de la temporada de pesca, desde junio a enero, con las mayores capturas durante el verano. Por otro lado, el rabil (*Thunnus albacares*) llega a aguas canarias principalmente durante el otoño, mientras que el atún blanco (*T. alalunga*) y el atún rojo (*T. thynnus*) son especies consideradas de invierno o de principio de primavera.

Particularmente, el atún blanco es de aguas templadas y se distribuye a lo largo del Océano Atlántico (entre 45°N a 45°S) y en el Mar Mediterráneo (Santiago, 1992). Se cree que el stock del Atlántico Norte realiza desplazamientos entre 5° y 50°N, siguiendo dos rutas diferenciadas, según se trate de juveniles o adultos (Le Gall, 1974; Bard, 1981). Los juveniles realizan extensas migraciones desde aguas ecuatoriales hacia zonas oceánicas subtropicales (de 16-20 °C), principalmente en aguas superficiales (Sharp, 2001). Al parecer, durante la primavera y el verano, los juveniles migran por motivos de alimentación desde el Atlántico Central al Suroeste de Irlanda o al Golfo de Vizcaya, siguiendo dos rutas alternativas, Azores o el Mar Cantábrico (Aloncle & Delaporte, 1973). Probablemente, en este último caso pasan cerca de las Islas Canarias y Madeira. La ruta inversa comienza a principios de otoño.

El patrón de migraciones descrito explicaría las capturas de juveniles de atún blanco (de 14 a 20 kg) en aguas de las islas Canarias de enero a marzo (durante la migración hacia el norte) y desde septiembre a noviembre (durante la migración de retorno) (desde 1965 a 2003, el 33,8% de las capturas de esta especie se obtienen durante el invierno, mientras que 37,9% lo fue en primavera). Según Bard (1981), las migraciones latitudinales del atún blanco se corresponden con el progresivo calentamiento (primavera-verano) o enfriamiento (otoño-invierno) del agua del mar, como consecuencia del desplazamiento de la zona intertropical de convergencia. Sin

embargo, y a pesar de que las rutas migratorias de juveniles transcurren cerca de Canarias o incluso pasan entre las islas, la contribución del atún blanco a las capturas totales no es muy importante, incluso con años en los que no se han obtenido capturas. Esto puede ser debido a que sus desplazamientos en aguas superficiales están fuertemente condicionados por algunos eventos climáticos (Laurs *et al.*, 1977; Lasker, 1985; Liorzou *et al.*, 1990), que pueden obligar a estos atunes a tomar rutas alejadas de las áreas tradicionales de pesca frecuentadas por la flota artesanal canaria, y sólo cuando las condiciones climáticas son favorables arribarían en las islas.

Teniendo en cuenta esta hipótesis, el objetivo del presente trabajo es determinar la influencia que algunas variables océano-meteorológicas, con efectos directos sobre las aguas superficiales, pueden tener sobre el paso de juveniles del atún blanco a través de las aguas de las islas Canarias, y su relación con el éxito final de las capturas en la zona.

## 2. Material y métodos

Se analizan las series de capturas trimestrales de atún blanco (*Thunnus alalunga*), obtenidas entre los años 1965 a 2003 en el Atlántico Oriental suministrados por la International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna (ICCAT; <http://www.iccat.es/>). Con más detalle, entre enero y febrero del 2002, se siguió el desarrollo de la pesca del atún blanco (*Thunnus alalunga*) en las Islas de Canarias (**Figura 1**). Durante este período se registraron las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) diarias y la posición geográfica donde se efectuaron por parte de la flota artesanal de cebo vivo. Esta flota está compuesta mayoritariamente por pequeños barcos de madera, de entre 12 y 16 m de eslora y con un promedio de 30 años de antigüedad (Bas *et al.*, 1995).

También se realizó un seguimiento de diferentes parámetros climáticos y oceanográficos, durante el mismo periodo, para las zonas de pesca donde se registraron las capturas:

- 1) La temperatura superficial del mar fue suministrada por el Jet Propulsion Laboratory (Instituto Tecnológico de California, EE.UU; <http://www.jpl.nasa.gov/>). Estos datos fueron obtenidos por medio del sensor AVHRR a bordo de los satélites NOAA. Los mapas de temperatura superficial del mar presentan una resolución espacial de 4x4 km y una resolución temporal diaria, media de 8 días y medias mensuales, obtenida de pases descendentes (temperatura nocturna) de dichos satélites. Las temperaturas fueron validadas por medio de correlación con los datos suministrados por la boya oceanográfica 2446, localizada al sur de Tenerife (27°99'N, 16°57'E), perteneciente al proyecto RAYO de Puertos del Estado ( $R^2=0,96$ ;  $p<0,05$ ) (España). También se usaron datos de NOAA Climate Diagnostics Center de un 1° por 1° del año 1960 a 2003 (Web: <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.coads.1deg.html> )
- 2) La concentración de pigmentos (clorofila) fue obtenida del proyecto SeaWiFS de la NASA, gracias al sensor visible SEAWIFS a bordo del satélite SEASTAR (FTP: <oceans.gsfc.nasa.gov>). Los mapas tienen una resolución espacial de 4x4 Km. y una resolución temporal media de 8 días.
- 3) La presión atmosférica, velocidad y dirección del viento a nivel del mar fueron suministrados por la boya oceanográfica 2446, localizada al sur de Tenerife, perteneciente al proyecto RAYO de Puertos del Estado (España). Los datos de dirección y fuerza del viento fueron medidos cada hora (<http://www.puertos.es/>).
- 4) Se analizaron las variaciones diarias del índice de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO, <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml>). Se hicieron mapas de correlaciones de Pearson entre imágenes de temperatura superficial del agua del mar (entre 1985 y 2004) y el índice NAO entre puntos del cuadrante 5°-36°N y 40°-0°W, con resolución de 4x4 km. Para ello, se usó el lenguaje de programación IDL y los resultados fueron significativos al 99% en ambos casos, en todos los puntos. Los mapas se realizaron con el Surfer8.0 (Golden Software).

Para el estudio de la relación de las series históricas de captura y las series ambientales se realizan correlaciones parciales controladas por el tiempo. Con esta metodología se obtiene la varianza explicada de las capturas por las variables ambientales sustrayendo la influencia de las tendencias de la series (Legendre, 1993) para las pruebas estadísticas se utilizó el lenguaje R 2.2.1 (Foundation for Statistical Computing; GNU Project).

### 3. Resultados

#### 3.1 Factores ambientales

Con los datos de la temperatura del agua del mar, entre 1985 a 2004, se obtuvo una correlación inversa significativa con el índice NAO (Pearson correlation  $r=-0,34$ ;  $p<0,01$ ; significativa en todos los puntos, y con la temperatura del aire (Pearson correlación  $r=-0,94$ ;  $p<0,01$ ). El análisis de correlación entre el índice NAO y la temperatura del mar muestra una mayor correlación al sur del Archipiélago Canario (**Figura 2**).

A su vez con los datos del mismo periodo se obtuvo un mapa de la diferencia de temperatura entre las anomalías de diciembre de 2001 y Enero de 2002. Dichas anomalías se obtuvieron restando el mes con respecto a la media de temperatura dicho mes entre el periodo 1985 a 2004. Dicha diferencia nos indica un enfriamiento más fuerte de lo normal, sobre todo al sur de las islas (**Figura 3**).

#### 3.2 Relación entre las capturas en el Archipiélago Canario y área FAO 34

Las capturas en el archipiélago canario con respecto a la capturas dentro del área FAO 34, representan en invierno una media 28.04% y una desviación típica 23.05 y en primavera representa el 34.30% y una desviación típica 25.37 desde el año 1965 al 2003.

El porcentaje de distribución de las capturas por estaciones ( **1**) nos indica que principalmente las capturas se realizan en invierno y primavera en la zona de Canarias y en la zona FAO 34, además de estas estaciones, son importantes las capturas en otoño.

Como se ve en la **Tabla 1**, no se aprecia relación entre las capturas en el archipiélago canario y el resto de capturas que se producen en el área FAO 34. Las relaciones que existen entre las capturas del área FAO 34 y las del archipiélago Canario es por el alto tanto por cierto, que representa estas últimas capturas con el monto total.

#### 3.3 Relación entre las capturas y factores ambientales (serie de ICCAT)

Las capturas de área FAO 34 y la temperatura del agua del mar muestran una correlación inversa y significativa, tanto en las estaciones de invierno y primavera, explicando un 11,97% y un 9,80% respectivamente.

Si a las capturas en la zona FAO 34 le restamos las capturas del archipiélago (Dif) canario, la correlación aumenta en invierno explicándose un 21.07% y en primavera es de un 9,42%. También aparece relación entre Dif y el índice NAO, con lo que una NAO positiva favorecía las capturas.

Las capturas en el archipiélago Canario no existe una correlación significativa con ningún parámetro (**Tabla3**).

#### 3.4 Capturas y factores ambientales (enero-febrero 2002)

Entre los días 19 y 26 de enero de 2002, los valores del índice NAO fueron negativos (Tabla ), con valores más bajos entre los días 20 y 24. Esto coincidió con la localización del centro barométrico del Anticiclón de las Azores, del 21 de enero al 2 de febrero, sobre la Península Ibérica, norte de África (Marruecos-Túnez) y Mediterráneo Occidental. Simultáneamente sucedió un desplazamiento del frente polar hacia el sur y al este, cuyos efectos se hicieron notar en la península Ibérica el día 23 de enero (índice NAO más negativo). El 2 de febrero, un nuevo anticiclón se formó al sureste del archipiélago de Azores y permaneció entre éste y Madeira hasta el 6 de febrero. El 7 de febrero, el anticiclón se desplazó nuevamente hacia la Península Ibérica y permaneció estable hasta el 8 de febrero. El 9 de febrero se desplazó nuevamente hacia el norte de África y afectó plenamente al Archipiélago Canario a partir de día 10.

Durante diciembre del 2001 y enero del 2002 la temperatura del agua de mar en toda la zona fue más cálida que la media obtenida del periodo 1960-2004 (en diciembre fue  $+0,583^{\circ}\text{C}$  y de enero fue  $+0,561^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, el enfriamiento relativo ocurrido en toda la zona de diciembre a enero ( $0,02^{\circ}\text{C}$ ) fue más brusco de lo habitual entre ambos meses, y fue aún más brusco al sur de las islas. Este enfriamiento está asociado a las diferencias en el valor del índice NAO entre ambos meses ( $-0,8$  y  $0,4$  en diciembre 2001 y enero 2002, respectivamente; que provocó no sólo un enfriamiento de las aguas superficiales a su vez también una mayor influencia del afloramiento africano en la zona, mejorando el enriquecimiento de las aguas y por tanto un mayor aporte de alimento a la cadena trófica ( **Figura4**).

La dirección e intensidad del viento los días previos al inicio, durante y posteriores a las fechas cuando se realizaron las capturas de atún blanco se corresponden claramente a la influencia esperada de la NAO en el viento. Previamente (22 y 23 de enero), en Canarias el viento fue flojo ( $2-4 \text{ m.s}^{-1}$ ) del este-sureste, coincidiendo con que el centro barométrico del Anticiclón de las Azores se localizó sobre el norte de África (Marruecos). El día 24 de enero el centro del anticiclón se desplazó hacia el norte-noreste (Península Ibérica-Baleares), dando lugar a vientos del este ( $4-6 \text{ m.s}^{-1}$ ), con calimas, hasta el día 30 de enero (

**Figura 5**). A partir del 31 de enero, el núcleo del anticiclón se centró sobre el norte de África (Argelia-Túnez), al tiempo que entró un frente frío por el noroeste de la Península Ibérica, lo que dio lugar a vientos del este-noreste ( $8-9 \text{ m.s}^{-1}$ ). El día 2 de febrero se registraron vientos moderados del sureste en las islas orientales, con calimas, y vientos del este en flojos en las islas occidentales (Tenerife, Gomera, La Palma y El Hierro). Esta situación coincidió con la formación de un nuevo anticiclón al suroeste de Azores, que incrementó su actividad al tiempo que se desplazó hacia el este (durante estos 5 días no se registraron capturas de atún blanco en el Archipiélago). El día 7, el anticiclón de las Azores se centró nuevamente sobre la Península Ibérica, produciendo vientos del noreste ( $12-14 \text{ m.s}^{-1}$ ) (

**Figura 6**). Esta situación se mantuvo hasta el día 9 de febrero, cuando el anticiclón se desplazó hacia el noroeste de África (Marruecos), con vientos flojos del este que rolaron al oeste a partir del día 10 de febrero (

**Figura 7**), cuando cesaron definitivamente las capturas.

La temperatura superficial del agua de mar, entre 17 y 24 de enero, aumentó ligeramente al sur de las islas de El Hierro, Gomera y Tenerife (

**Figura 6**). Esta situación se mantuvo estable hasta el 1 de febrero. A partir del día 9 de febrero la temperatura del agua superficial descendió bruscamente.

El patrón de distribución de la clorofila mostró variaciones a lo largo del periodo de estudio. Coincidiendo con el debilitamiento del afloramiento norteafricano por la ausencia de vientos alisios, entre el 17 al 24 de enero disminuyó significativamente la concentración de clorofila ( $<0,2 \text{ mgCl}/\text{m}^3$ ) en la parte occidental del Archipiélago, situación que luego permaneció estable hasta el 1 de febrero trófica (

**Figura 8**). A partir del día 9 de febrero la concentración de clorofila aumentó por encima de  $0,2 \text{ mgCl}/\text{m}^3$ , al incrementarse la actividad del afloramiento por acción del viento del noreste.

Las capturas de atún blanco comenzaron en la parte occidental del Archipiélago (sur de la Gomera;  $27^{\circ}58' \text{ N}$ ;  $17^{\circ}11' \text{ W}$ ) el 24 de enero y se mantuvieron hasta el 30 del mismo mes, con valores de CPUE que fluctuaron entre 238 y 1049 Kg./barco ( $X=703,6$ ;  $SD=307,4$ ;  $n=5$ ). El 1 de febrero se capturaron algunos atunes al sureste de la isla de Tenerife ( $28^{\circ}11' \text{ N}$ ;  $16^{\circ}22' \text{ W}$ ), con valores medios de CPUE de 30 Kg./barco ( $SD=15,0$ ;  $n=3$ ). Posteriormente, desde el 7 al 9 de febrero, las capturas se realizaron en la parte oriental del Archipiélago (sureste de Gran Canaria;  $27^{\circ}48'$ ;  $15^{\circ}48' \text{ W}$ ), con una CPUE que fluctuó entre 74 y 612 ( $X=269,0 \text{ Kg./barco}$ ;  $SD=298,1$ ;  $n=8$ ).

#### 4. Discusión

Los juveniles de atún blanco (1-4 años) realizan extensas migraciones desde su hábitat natal, en aguas ecuatoriales, hacia zonas oceánicas subtropicales. Estos juveniles habitan aguas superficiales, de  $16-20^{\circ} \text{ C}$ , hasta la madurez (Sharp, 2001). Son localizados habitualmente hacia comienzos del mes de junio al oeste de la Península Ibérica, en áreas más o menos próximas al Archipiélago de las Azores, desde donde se adentran principalmente hacia el Golfo de Vizcaya y suroeste de Irlanda. Penetran en esta zona en los meses de julio, agosto y septiembre, donde son objeto de una intensa pesquería de superficie. A finales del mes de septiembre o en octubre, inician el regreso a sus zonas de invernada, cuya localización constituye aun una incógnita (Delaport, 1973; Aloncle & Delaporte, 1972; Pereira *et al.*, 1999; Santiago, 2004).

Según Bard (1981), las migraciones latitudinales del atún blanco se corresponden con el progresivo calentamiento (primavera-verano) o enfriamiento (otoño-invierno) del agua de mar, como consecuencia del desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia.

En la migración hacia el norte durante el invierno y primavera, el comportamiento de las capturas entre diferentes zonas (**Tabla2**) muestra que no parece existir un mismo comportamiento histórico entre las capturas obtenidas en el archipiélago Canario y el resto de área 34 durante esta época de máximas capturas (**1**).

Este detalle, nos hizo pensar que podría existir alguna razón ambiental que condicionase la entrada de atún blanco e aguas del archipiélago Canario.

Es conocida la influencia de la NAO sobre la temperatura en todo el Atlántico norte (Hurrell, 2005). Esta influencia es negativa en todo el área 34 pero es aun más alta al sur del archipiélago canario (**Figura 2**). Esto es debido, al efecto barrera de las islas sobre los vientos alisios y la corriente canaria que son los que provocan estructuras oceanográficas al sur de las islas (Hernández-guerra A., 1990). Estas estructuras son la que favorecen la presencia de tñidos al sur de las islas y el lugar donde se producen la mayor parte de las capturas (**Figura 1**) (Ramos, A. 1992, González Ramos, Antonio J. *et al*, 1996).

La correlación inversa de las capturas de atún blanco en el área 34 con respecto a la temperatura del agua de mar describe parte de la variabilidad de las capturas (11,79%), con un comportamiento inverso a la temperatura del agua del mar (**Tabla3**), ya que en los años más cálidos el agua de mar alcanza valores que quedarían muy por encima del rango de temperatura optima para la especie (16-20°C) (Sharp, 2001, Santiago, J. 2004). Es decir, una NAO positiva favorece una disminución de la temperatura (**Figura**) y un aumento de las capturas, explicando el índice NAO un 15.76 % de la variabilidad de estas (**Tabla3**).

En concreto, en las capturas en canarias, la varianza explicada por el índice NAO es prácticamente nula y no significativa (<0.05). En este caso, parece ser, que sus desplazamientos en aguas superficiales están fuertemente condicionados por otros condicionantes como eventos climáticos de carácter más local (Laurs *et al*, 1977; Lasker, 1985; Liorzou *et al.*, 1990). Efectivamente si excluimos las capturas en Canarias aumenta en un 11.96% la explicación de la influencia de la temperatura del agua de mar en las capturas del área FAO 34.

La zona sur del archipiélago es el lugar donde se concentran la mayor parte de las capturas de la flota artesanal. Un cambio de las condiciones a una NAO negativa, el viento característico del noreste (alisios) cambia a un viento sur, más cálido (**Figura6**), favoreciendo el aumento de temperatura del agua del mar y la entrada por el sur del cardumen.

Es en estos periodos los pescadores aprovechan el paso de los atunes por aguas cercanas a las islas durante sus migraciones hacia el Atlántico Norte y de retorno hacia el centro del Atlántico (Bard, 1981). Posiblemente, las dos rutas migratorias alternativas entre el Atlántico Central y la costa occidental de Europa que plantean Aloncle & Delaporte (1973) para los juveniles, vía Azores o el Cantábrico, son en realidad una única ruta que se desplaza ligeramente hacia el oeste o al este, dependiendo de las condiciones océano-meteorológicas reinantes.

La ruta migratoria seguida por los juveniles de atún blanco (1-4 años de edad) se aproxima más a Canarias, cuando el índice NAO es negativo (Tabla). Y cuando el índice NAO es positivo, la ruta migratoria se desplazaría más hacia el oeste y esto explicaría por qué en algunos años no se han obtenido capturas en Canarias de esta especie (Ej.: 1992).

La época de pesca de juveniles de atún blanco en el Atlántico Norte (sur de Irlanda y Golfo de Vizcaya) ocurre entre mayo y noviembre (Santiago, 1992), y según Santiago (1992) los individuos que se capturan en aguas del Cantábrico son de mayor talla que los que se captura en el Sur de Irlanda. Esto puede ser debido a que los individuos de mayor talla, que tienen más desarrollado el sistema endotérmico (Graham & Dickson, 2001) y el patrón de comportamiento asociado a la misma (Stevens & Neill, 1978; Korsmeyer & Dewar, 2001), sigan el límite más oriental de esta ruta migratoria acercándose más a las áreas frontales próximas al afloramiento norteafricano y a la costa atlántica de Portugal. Los individuos más jóvenes seguirían la parte más oceánica de la ruta, con aguas más cálidas.

Además, es evidente que la migración latitudinal del atún blanco se corresponde estrechamente con el calentamiento (primavera-verano) o enfriamiento (otoño-invierno) progresivo del agua como consecuencia del desplazamiento de la zona de Convergencia Intertropical. Sin embargo, los desplazamientos a “menor escala” en aguas superficiales están fuertemente condicionadas por determinadas situaciones climáticas de ámbito más local (Laurs *et al*, 1977; Lasker, 1985; Stretta & Petit, 1989; Leroy, 1990; Liorzou *et al.*, 1990; Sharp, 201). En este sentido, también la intensidad del viento, presión atmosférica y la posición geográfica del núcleo del Anticiclón

de las Azores (Naya, 1967; Svejkovsky & Lasker, 1984; Mariette, 1991), obligan a esta especie a tomar rutas más alejadas de las áreas de pesca frecuentadas por la flota insular, y sólo cuando le son favorables se aproximan a las islas para alimentarse (Ramos, 1992).

Por otro lado, en Canarias las capturas de atún blanco son siempre mayores en las islas más occidentales del Archipiélago y además se inicia su captura primero en dichas islas. El desplazamiento entre islas es siempre de oeste a este, y en este caso la temperatura superficial del agua parece ser el factor que condiciona el paso de una isla a otra (Ramos, 1992).

Un ejemplo de ejemplo de las influencias de las condiciones meteorológicas ejercen en las capturas de atún blanco fue el caso del invierno del 2002. Las condiciones reinantes de la primera quincena de enero de 2002 provocaron un enfriamiento de la temperatura superficial del agua del mar (Figura) y un aumento de clorofila sobre todo al sur del archipiélago (Figura) por un índice NAO fuertemente positivo (Tabla ); a finales de la segunda quincena de enero, las condiciones se rigieron por el desplazamiento del anticiclón de las Azores hacia el Mediterráneo Occidental (NAO negativo). Esta situación permitió que, en su desplazamiento hacia el norte, el atún blanco se acercase a las islas Canarias, debido a un aumento de la temperatura superficial del mar y a su tendencia a congregarse en las cercanías de los frentes de afloramiento, presumiblemente para alimentarse (Lauris *et al.*, 1977; Lauris, 1984; Fiedler & Bernard, 1987; Sharp, 2001). Esta situación permitió la presencia de la especie en los caladeros de pesca de las Islas Canarias, principalmente en la parte occidental del archipiélago (La Gomera). Sin embargo, a principios de febrero, un nuevo anticiclón centrado en Azores, provocó una bajada de las temperaturas. El stock se desplazó progresivamente de oeste a este, concentrándose en las zonas frontales creadas al sur de las islas centrales (Hernández-guerra A., 1990), entre las estelas de las mismas y los canales entre ellas, como consecuencia de la presencia del giro ciclónico (Barton *et al.*, 1998; 2000). A partir del día 7 de febrero, y debido a un breve desplazamiento del anticiclón hacia el Mediterráneo Occidental, el atún blanco superó la barrera térmica existente entre Tenerife y Gran Canaria. El paso a esta última isla parece que estuvo condicionado por la existencia de un fuerte remolino ciclónico entre las islas de Gran Canaria y Tenerife, con una temperatura superficial inferior a los 19 °C. Los movimientos del atún blanco también parecen estar relacionados con la distribución de la temperatura superficial del mar, permaneciendo poco tiempo en aguas con temperaturas inferiores a los 15 °C (Lauris *et al.*, 1977). Sólo cuando se establece una estructura térmica superior a los 20 °C que hace de puente entre ambas islas es cuando se inician las capturas de atún blanco en Gran Canaria. Sin embargo, el día 9 de febrero el anticiclón se desplazó nuevamente hacia su posición original, afectando plenamente a Canarias y homogeneizando las condiciones térmicas del área, lo cual provocó que el atún se alejara definitivamente del área cuando la zona frontal ya no se expresó en la superficie (Lauris *et al.*, 1977).

## Agradecimientos

Mi agradecimiento a los pescadores de la flota atunera de bajura con base en los puertos de Los Cristianos (Tenerife) y Mogán (Gran Canaria) y en especial a D. Vicente Rivero, D. Miguel Angel Rodríguez y D. José Ortega, por el suministro de información pesquera. Igualmente, mi agradecimiento al Dr. Vicente Hernández García, por sus correcciones y sugerencias al trabajo.

## Referencias

- ALONCLE, H & F. Delaporte. 1973. Rythmes alimentaires et circadiens chez le germon *Thunnus alalunga* dans le Nord-Est Atlantique. Les populations de germos dans le Nord-Est Atlantique. Thèse de Doctorat. Univ. Paris. 194 pp.
- BAS, C., J.J. Castro, V. Hernández-García, J.M. Lorenzo, T. Moreno, J.G. Pajuelo & A.G. Ramos. 1995. La pesca en Canarias y área de influencia. Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria. Madrid. 331 pp.
- BARD, F.X. 1981. Le thon germon *Thunnus alalunga* (Bonaterre, 1788) de l'Océan Atlantique. Thèse de Doctoral. Univ. Paris. 336 pp.
- BARTON, E.D., J. Aristeguí, P. Tett, M. Cantón, J. García-Braun, S. Hernández-León, L. Nykjaer, C. Almeida, J. Almunia, S. Ballesteros, G. Basterretxea, J. Escanez, L. García-Weill, A. Hernández-Guerra, F. López-Laatzén, R. Molina, M.F. Montero, E. Navarro-Pérez, J.M. Rodríguez, K. Van Lenning, H. Vélez & K. Wild. 1998. The transition zone of the Canary current upwelling region. *Progress in Oceanography*, 41: 455-504.

- BARTON, E.D., G. Basterretxea, P. Flament, E.G. Mitchelson-Jacob, B. Jones, J. Aristeguí & F. Herrera. 2000. Lee region of Gran Canaria. *Journal of Geophysical Research*, 105(C7):17,173-17,193.
- DODSON, 1997. Fish migration: an evolutionary perspective. In: J-G. Godin (ed.). *Behavioural ecology of teleost fishes*. Oxford University Press. Oxford. pp. 10-36.
- DRINKWATER, K.F., Belgrano, A. Borja, A. Conversi, M. Edwards, C. H. Greene & Ottersen, A. J. Pershing & H. Walker, 2002. The response of marine ecosystems to climate variability associated with the North Atlantic Oscillation. En *The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact*. Geophysical Monograph, 134: 211-234.
- FIEDLER, P.C. and H.J. Bernard. 1987. Tuna aggregation and feeding near fronts observed in satellite imagery. *Cont. Shelf Res.*, 7(8): 871-881.
- GRAHAM, J.B. and K.A. Dickson. 2001. Anatomical and physiological specializations for endothermy. In: Block, B.A. & E.D. Stevens (eds). *Tuna: Physiology, ecology and evolution*. Fish Physiology Series, vol 19, pp:121-165. Academic Press. San Diego.
- GONZÁLEZ Ramos, Antonio J., A. Delgado de Molina, J. Ariz, J.C. Santana, L. García-Weill, M. Cantón. 1996. Agregaciones de Rabil (*Thunnus albacares*, Bonaterre 1788) y Patudo (*Thunnus obesus*, Lowe 1839) en eventos oceanográficos submesoescales del área de Canarias observados mediante teledetección infrarroja. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 45(3): 175-181.
- HAZEL, J.R. 1993. Thermal biology. In: Evans, D.H. (ed.). *The physiology of fishes*. Marine Science Series. CRC. Press. 315-342 pp.
- HERNÁNDEZ-GUERRA, A. 1990, Estructuras oceanográficas observadas en las aguas que rodean las islas Canarias mediante escenas de los sensores AVHRR y CZCS. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 198pp.
- HURRELL, J.W. 2005. The North Atlantic Oscillation. *Encyclopedia of World Climatology*. J. E. Oliver, Ed., *Encyclopedia of Earth Sciences*, Springer, 536-539.
- JOBLING, M. 1994. *Fish bioenergetics*. Fish and Fisheries Series 13, Chapman & Hall. London. 309 pp.
- KEENLEYSIDE, M.H.A., 1979. *Diversity and Adaptation in Fish Behaviour*. Springer-Verlag., Berlín Heidelberg New York. 205 pp.
- KORSMEYER, K.E. and H. Dewar. 2001. Tuna metabolism and energetics. In: Block, B.A. & E.D. Stevens (eds). *Tuna: Physiology, ecology and evolution*. Fish Physiology Series, vol 19, pp:35-78. Academic Press. San Diego.
- LASKER, R. 1985. The effects of climate and weather on albacore migration and distribution in the northeastern Pacific. In: Anderson, K.E. (ed). *Advances in Aquaculture and Fisheries Research Report of a California Sea Grant Symposium, 18-20 May 1983*. Univ. of California, Davis. p. 32
- LAURS, R.M. 1984. Application of satellite remote sensing to fisheries. PACON '84: Pacific Congress on Marine Technology, Honolulu, HI (USA), 24-27 Apr 1984. Marine Technology Soc., Manoa, HI USA. Hawaii-Sect 1984. p. OST2/23
- LAURS, R.M., H.S.H. Yuen, and J.H. Johnson. 1977. Small-scale movements of albacore, *Thunnus alalunga*, in relation to Ocean features as indicated by ultrasonic tracking and oceanographic sampling. *Fish. Bull. NOAA*, 75(2): 347-355.
- LAURS, R.M., P.C. Fiedler & D.R. Montgomery. 1984. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. *Deep Sea Res.*, 31(9A):1085-1099.
- LEGENDRE, P. 1993. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm. *Ecology*: 74:1659-1673



- LEROY, C. 1990. Télédétection satellitaire et pêche du germon (*Thunnus alalunga*) dans le NE Atlantique. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 32(1):147-157.
- LIORZOU, B., Y. Guenegan, and J.L. Bigot. 1990. Les facteurs hydroclimatiques et biologiques induisant les concentrations de thonidés dans le Golfe du Lion. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 32(1): 207-213.
- MARIETTE, A.L. 1991. Relationship between a drop of sardine and albacore catches and a relaxation of wind, tested by a superposed epoch analysis. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 71(1): 207-223.
- NAYA, A. 1967. La meteorología y la pesca científica. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio del aire, Subsecretaría de Aviación Civil. Serie A (Memorias), núm. 47: 53 pp.
- RAMOS, A. 1992. Bioecología del listado (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) en el área de canarias. Modelo de gestión y explotación mediante el uso de la teledetección., núm. 116-122 pp.
- SANTIAGO, J. 1992. La pesca de atún blanco en Euskadi. Campañas 1990-1991. Colección Itsaso Nº. 9. Departamento de Agricultura y Pesca, Gobierno Vasco. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 78 pp.
- SANTIAGO, J. 2004. Dinámica de la población de atún blanco (*Thunnus alalunga* Bonaterre 1788) del atlántico norte Tesis Doctoral en biología. Universidad del País Vasco. 367pp.
- SHARP, G.D. 2001. Tuna oceanography. An applied science. In: 345-390 pp. Tuna: Physiology, ecology and evolution. Block, B.A. & E.D. Stevens (eds). Fish Physiology Series, vol 19. Academic Press. San Diego.
- STEVENS, E.D. and W.H. Neill. 1978. Body temperature relations of tuna, specially skipjack. In: Hoar, W.S. and D.J. Randall (eds.). Fish Physiology, vol. 7, pp:316-360. Academic Press, New York.
- STRETTA, J. M. and M. Petit. 1989. Bases physiologiques de la thermo écologie des thons. 3.2. Relation capturabilité température de surface. Satellite Geosensing and Oceanic Tuna fisheries. Le Gall, J.Y. (ed.). FAO Doc. Tech. Peches., 302:49-50. FAO,-Rome-Italy.
- SVEJKOVSKY, J. and R. Lasker. 1984. Effects of thermal structure on albacore tuna distribution. In: Amidei, R. (ed). Applications of Remote Sensing to Fisheries and Coastal Resources, San Diego, CA (USA), 30 Nov 1983. pp. 19-22.

**Tabla 1.** La distribución de las capturas estacionalmente en el Archipiélago Canario y en el área FAO 34.

<i>Estaciones</i>	<i>Invierno</i>	<i>Primavera</i>	<i>Verano</i>	<i>Otoño</i>
% FAO 34	28.9%	26.4%	16.9%	27.9%
% Canarias	33.8%	37.9%	12.2%	16.2%

**Tabla 2.** Coeficientes de correlaciones parciales controlado por el tiempo y significación entre las capturas entre el área fao 34, el Archipiélago Canario y la diferencia de ambos (Dif(FAO 34-Canarias)) con la temperatura del agua del mar (SST), y el índice NAO, en invierno y primavera.

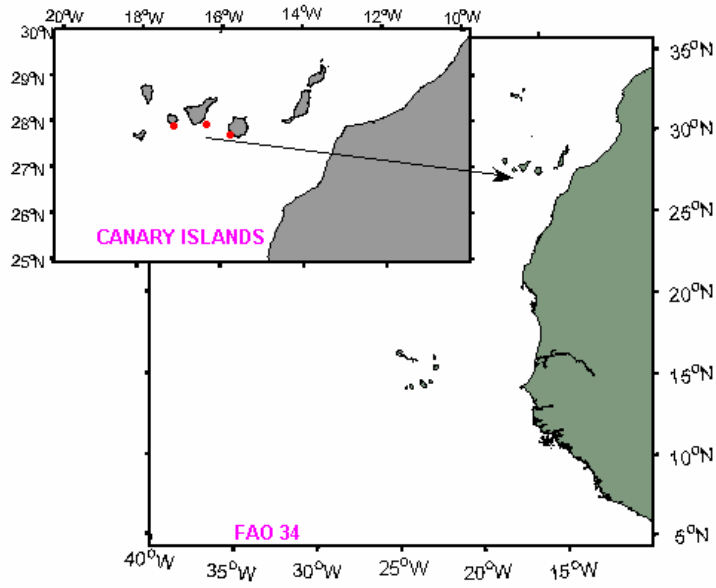
<i>Capturas</i>	<i>Capturas</i>	<i>Época</i>	<i>Años</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
FAO 34	Canarias	Invierno	1965-2003	0,79	<0,01
FAO 34	Canarias	primavera	1965-2003	0,639	<0,01
Canarias	Dif(FAO 34-Canarias)	Invierno	1965-2003	0,146	>0,05
FAO 34	Dif(FAO 34-Canarias)	Invierno	1965-2003	0,722	<0,01
Canarias	Dif(FAO 34- Canarias)	primavera	1965-2003	-0,073	>0,05
FAO 34	Dif(FAO 34- Canarias)	primavera	1965-2003	0,721	<0,01

**Tabla 3.** Coeficientes de correlaciones parciales controlado por el tiempo y significación entre las capturas entre el área fao 34, el Archipiélago Canario y la diferencia de ambos (Dif) con la temperatura del agua del mar SST (Todo el área), y el índice NAO, en invierno y primavera.

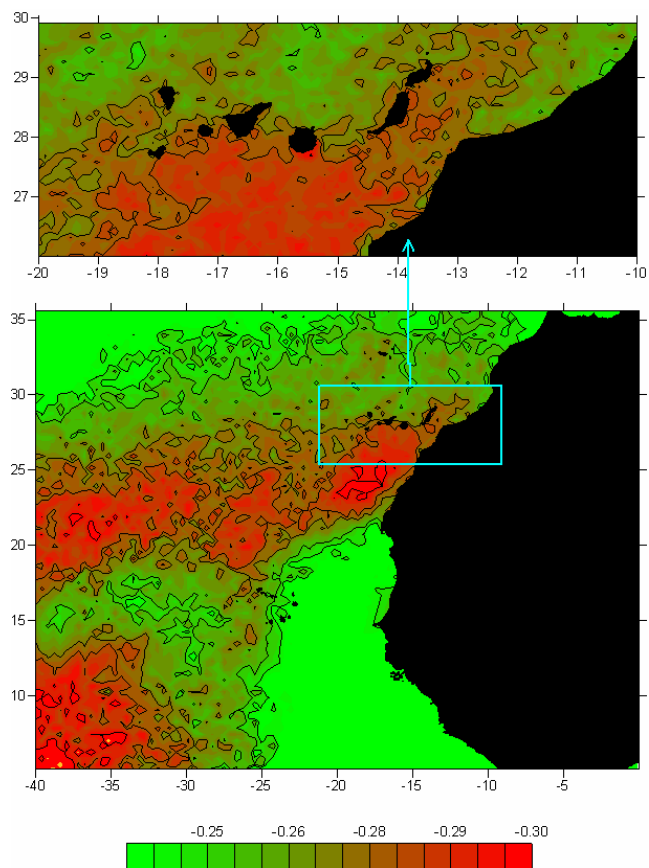
<i>Capturas-Área</i>	<i>Ambiente</i>	<i>Época</i>	<i>Años</i>	<i>r</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>p</i>	<i>%</i>
FAO 34	SST	Invierno	1960-2003	-0,346	0.120	<0,05	11.972
FAO 34	SST	primavera	1960-2003	-0,313	0.098	<0,05	9.797
FAO 34	Nao	Invierno	1960-2003	-0.088	0.008	>0,05	0.774
FAO 34	Nao	primavera	1960-2003	0.153	0.023	>0,05	2.341
Canarias	SST	invierno	1965-2003	-0,009	0.000	>0,05	0.008
Canarias	SST	primavera	1965-2003	-0.029	0.001	>0,05	0.084
Canarias	Nao	Invierno	1965-2003	-0.165	0.027	>0,05	2.723
Canarias	Nao	primavera	1965-2003	-0.086	0.007	>0,05	0.740
Dif	SST34	Invierno	1965-2003	-0.459	0.211	<0,01	21.068
Dif	SST34	primavera	1965-2003	-0.307	0.094	<0,05	9.425
Dif	Nao	Invierno	1965-2003	-0.007	0.000	>0,05	0.005
Dif	Nao	primavera	1965-2003	0.397	0.158	<0,01	15.761
Dif	SSTCan	Invierno	1965-2003	-0.292	0.085	>0,05	8.526
Dif	SSTCan	primavera	1965-2003	-0.338	0.114	<0,05	11.424

**Tabla 4.** Valores de índice NAO entre los días 8 de Enero hasta el 25 de febrero.

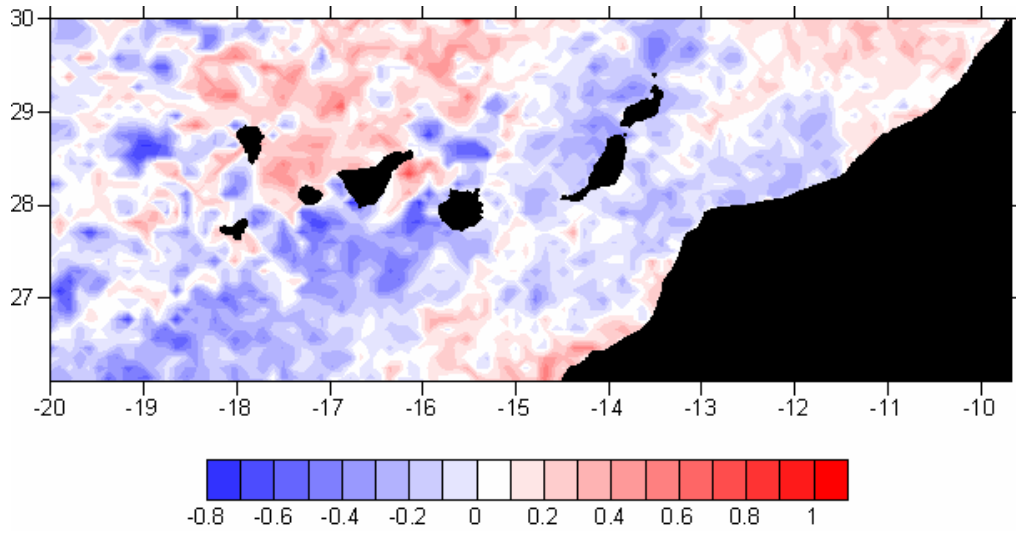
<i>Enero</i>												
Día	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
NAO	2.260	2.290	2.071	1.392	0.826	0.747	0.53	0.435	0.876	0.503	0.238	-0.58
Día	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
NAO	-1.08	-1.13	-1.13	-1.57	-1.18	-0.60	-0.09	0.033	0.212	0.592	1.090	0.837
<i>Febrero</i>												
Día	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13
NAO	-0.22	0.234	0.499	0.559	0.536	0.19	0.688	0.734	0.603	0.325	-0.22	0.234
Día	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
NAO	1.928	2.617	2.571	1.528	0.811	1.013	0.727	1.321	1.019	0.11	0.61	1.268



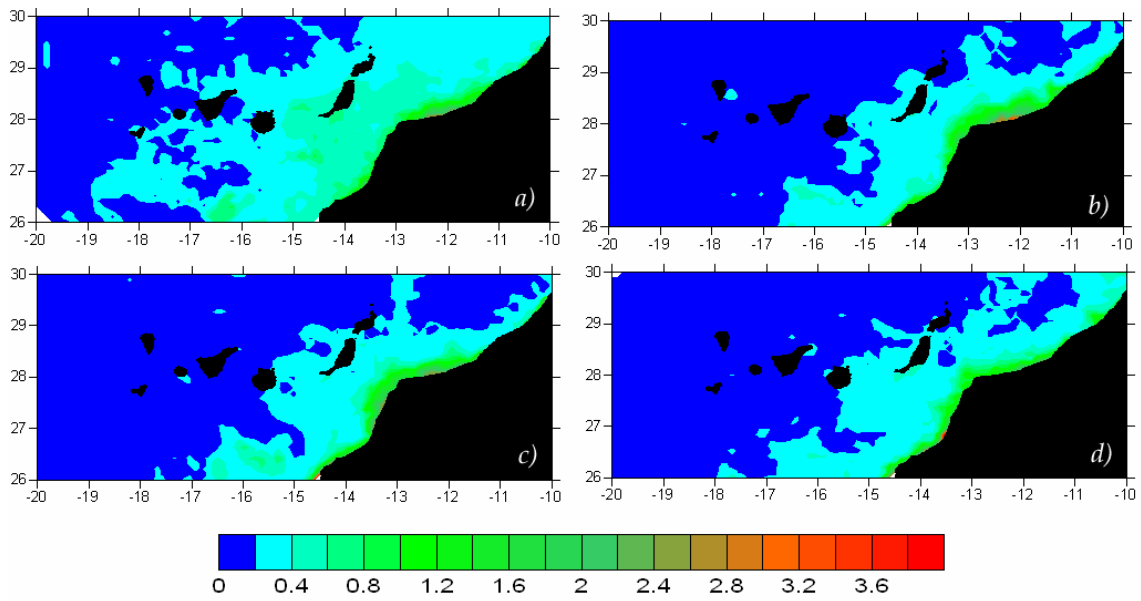
**Figura 1.** Situación geográfica del Archipiélago Canario y zonas donde se realizaron las capturas de atún blanco en el invierno del 2002.



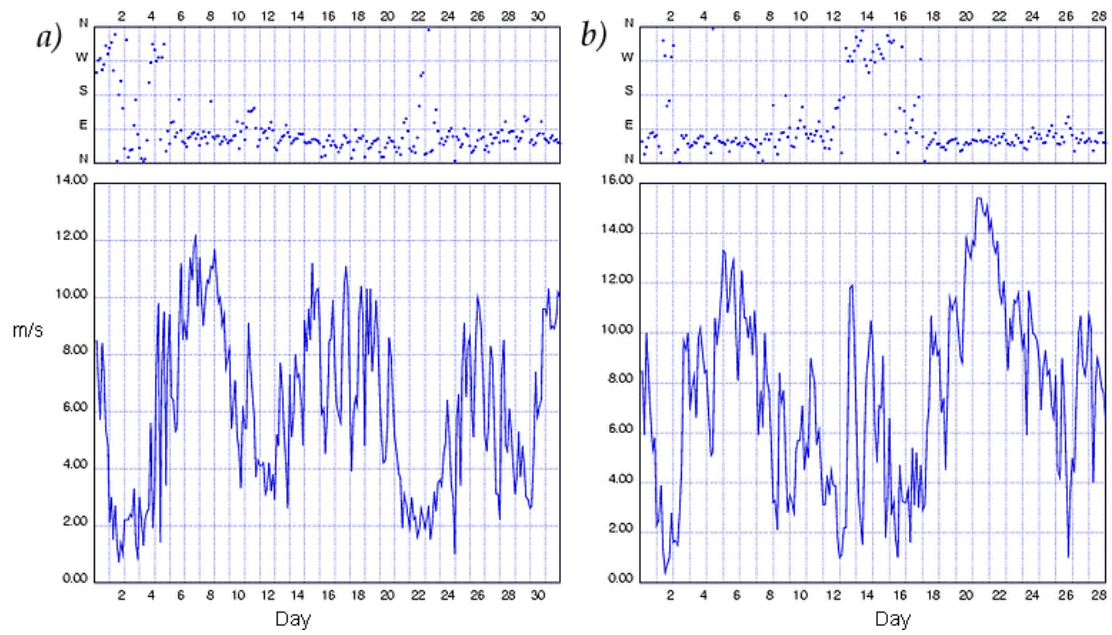
**Figura 2.** Mapas de correlaciones (r) entre la NAO mensual y la temperatura del agua del mar SST desde el año 1985 hasta el 2004.



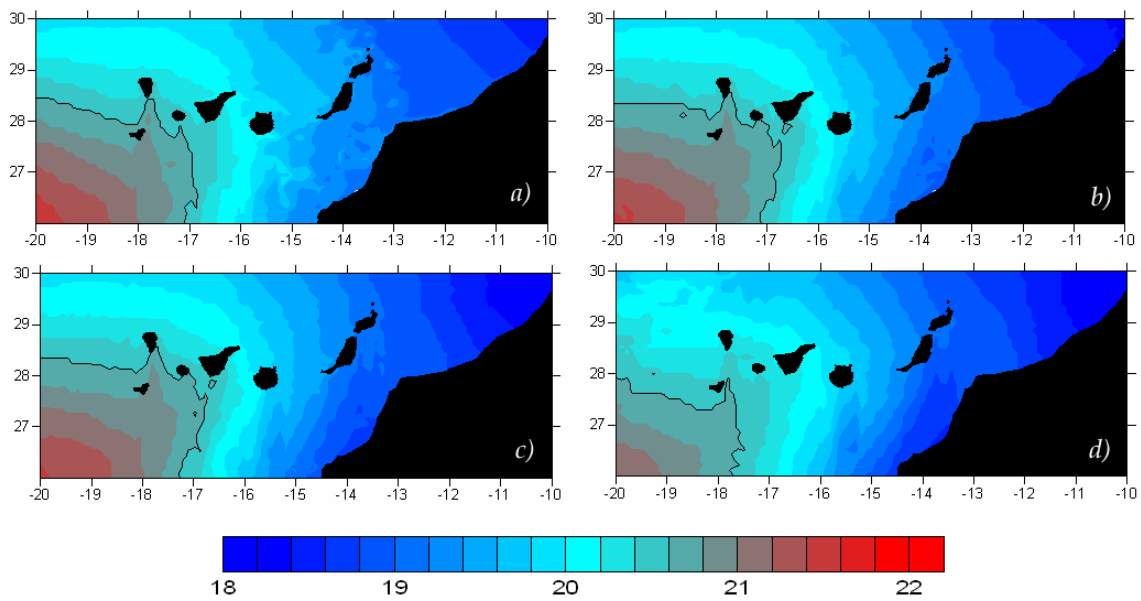
**Figura 3.** Diferencia de temperatura (°C) entre las anomalías de diciembre de 2001 y enero de 2002.



**Figura 4.** Serie de imágenes de clorofila ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) de medias semanales: a) 09-16 de Enero b) 17-24 de enero, c) 25 de enero -01 de Febrero y d) 2-9 de febrero del 2002.



**Figura 5.** Dirección del viento registrada en una boya ubicada en la isla de Tenerife ( $27^{\circ}991'N$ ,  $16^{\circ}577' E$ ) durante los meses a) enero b) febrero del 2002.



**Figura 6.** Serie de imágenes de temperatura ( $^{\circ}C$ ) de medias semanales: (a) 09-16 de Enero, (b) 17-24 de enero, (c) 25 de enero -01 de Febrero y (d) 2-9 de febrero del 2002.